



Le décryptage du génome de la truffe noire du Périgord : une avancée majeure dans la compréhension de la biologie du champignon le plus prestigieux

Un consortium franco-italien, coordonné par une équipe du Centre INRA de Nancy et impliquant le Genoscope¹, le CNRS, et les Universités de Lorraine et de Méditerranée, a publié il y a quelques mois un article sur le séquençage et le décryptage du génome de la très réputée truffe noire du Périgord (*Tuber melanosporum*). Cette avancée permet de mieux comprendre la biologie de cette espèce, la formation de ce précieux champignon et l'évolution de la symbiose entre arbres et champignons. La truffe noire du Périgord a été choisie du fait de son importance agronomique et culturelle.

Cinq ans de travail...

Fruit de cinq années de travail, le premier décryptage du génome d'un champignon comestible, la truffe, est achevé. Conduit par un consortium franco-italien de 50 scientifiques, coordonné par l'INRA, le séquençage du génome de *T. melanosporum* a été réalisé en 2007 au Genoscope à partir d'une lignée issue d'une truffe récoltée en Provence. Les étapes complémentaires de mise en forme du séquençage brut initial se sont poursuivies pendant deux ans avec une analyse fine et détaillée du génome de ce champignon par des laboratoires français de l'INRA, du CNRS, du CEA, des universités de Lorraine et de la Méditerranée et leurs collègues italiens de Turin, Parme, Pérouge, Urbino, Rome et l'Aquila. Ces travaux sont complétés par l'étude des gènes exprimés lors de la formation de la truffe et de la symbiose mycorhizienne au niveau des racines de l'arbre.

La truffe est le fruit du mariage entre des filaments souterrains de *T. melanosporum* et des ramifications de la racine de certains

arbres, comme les chênes. Le champignon aide l'arbre à puiser des éléments nutritifs dans le sol ; en échange, l'arbre fournit au champignon l'énergie qu'il est incapable de tirer lui-même du soleil. De cette relation naissent des mycorhizes, organes symbiotiques mi-champignon, mi-racine.

Le génome de la truffe, le plus grand connu chez les champignons, comprend 125 millions de paires de bases. Cette taille remarquable s'explique par la présence de séquences répétées (58 %) dont l'impact sur la diversité de l'espèce est en cours d'étude. Le génome contient 7 500 gènes codant pour des protéines dont environ 6 000 sont similaires aux gènes d'autres champignons. Toutefois, plusieurs centaines de gènes sont spécifiques à la truffe et jouent un rôle fondamental dans la mise en place de la formation du champignon et de la symbiose avec la plante-hôte. Leur étude nous renseignera sur les mécanismes conduisant à la formation de cette étrange fructification souterraine.

Des résultats majeurs pour comprendre l'évolution de la symbiose mycorhizienne

L'analyse comparée du génome de la truffe avec ceux du laccaire, autre champignon symbiotique séquencé récemment², a ainsi révélé que l'organisation de leur génome était très différente, tout comme les mécanismes employés pour dialoguer et interagir avec leur plante-hôte. Ces informations montrent l'extraordinaire diversité par laquelle les champignons symbiotiques interagissent avec leurs partenaires en utilisant des boîtes à outils moléculaires variées.

Il est donc indispensable désormais d'étudier d'autres génomes de champignons symbiotiques

afin de déterminer le degré de diversité et de flexibilité des processus moléculaires impliqués dans l'interaction. Les résultats acquis sur cette symbiose aideront les chercheurs à comprendre les autres associations entre arbres et champignons mises en place il y a plus de 200 millions d'années.

Un fichier d'empreintes génétiques pour le « typage » des origines géographiques

Au-delà de son intérêt académique, le séquençage complet du génome de la truffe noire du Périgord a permis le développement d'outils de diagnostic à haut débit du polymorphisme génétique de ce produit réputé. En effet, depuis des siècles, de fortes variations dans les propriétés organoleptiques des truffes ont été constatées selon les régions de récolte (Périgord, Provence...), la nature des sols et le degré de maturité.

Le séquençage de l'ADN a permis d'identifier plusieurs milliers de marqueurs génétiques répartis sur tout le génome. Une dizaine est actuellement utilisée afin de constituer un fichier d'empreintes génétiques d'une cinquantaine de populations de *Tuber melanosporum* provenant d'Italie, d'Espagne et de France. Ce fichier d'empreintes génétiques facilite le « typage » des origines géographiques des truffes récoltées et permettra la mise en place d'outils de certification de ces produits et la détection d'éventuelles fraudes. En outre, la connaissance des mécanismes contrôlant la compatibilité sexuelle entre truffes devrait permettre une meilleure gestion de la diversité génétique dans les truffières, via le choix du sexe des truffes inoculées sur les racines des arbres.

Vers une meilleure compréhension des caractéristiques aromatiques de la truffe

L'analyse du génome a confirmé l'absence de composés allergéniques et de mycotoxines chez ce champignon consommé depuis des millénaires. L'étude des gènes exprimés lors de la formation de la truffe a mis en évidence la forte activité des voies de biosynthèse des composés soufrés volatiles et des aldéhydes contribuant aux arômes si appréciés du « diamant noir ». Cette connaissance des caractéristiques génétiques de la production d'arômes favorisera la sélection de souches de truffes aux qualités organoleptiques optimales et la mise au point d'outils de diagnostic permettant de guider objectivement le choix des trufficulteurs.

Le détail des résultats de cette étude a été publié dans l'édition avancée en ligne de Nature du 28 mars 2010.

¹Genoscope, Institut de génomique, Direction des sciences du vivant, Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives, Evry. 2 F. Martin et al. «The genome of *Laccaria bicolor* provides insights into mycorrhizal symbiosis», NATURE, 06-03-2008

Pour en savoir plus :

- L'ensemble de la séquence de la truffe est disponible par l'intermédiaire des sites internet suivants : Genoscope : www.genoscope.cns.fr/tuber INRA : <http://mycor.nancy.inra.fr/IMG/GC/TuberGenome>

- Référence : « Périgord black truffle genome uncovers evolutionary origins and mechanisms of symbiosis », NATURE, 28-03-2010, <http://dx.doi.org/> ; doi : 10.1038/nature08867.

LVMH Recherche présente vingt ans de R&D en cosmétologie - A l'interface des avancées technologiques de nombreuses disciplines

par Eric PERRIER, directeur R&D LVMH Recherche – rd-infocom@lvmh-pc.com – www.lvmhrecherche-symposium.com

Le Symposium scientifique LVMH Recherche, organisé le 19 octobre à Paris, a remporté un vif succès. De périodicité annuelle, cet événement est une remarquable témoin des avancées scientifiques enregistrées sur le marché de la cosmétique, et de l'importance des synergies de connaissances créées avec de nombreux autres secteurs. L'occasion de faire le point sur vingt années de R&D en cosmétologie !

Ces 20 dernières années, l'évolution des sciences cosmétiques a été spectaculaire, à l'image des évolutions constatées dans d'autres domaines, tels que ceux de la médecine, du diagnostic et de l'alimentaire. Plus que n'importe quel autre secteur, le monde de la cosmétique bat au rythme des grandes découvertes scientifiques, et même s'il peut sembler frustrant, à première vue, de constater que la cosmétique n'est toujours pas considérée comme une science à part entière, cela lui donne l'avantage de ne pas être enfermée dans une définition précise. Polymorphe et toujours avide d'innovations, la cosmétique valorise les résultats les plus récents, empruntés à toutes les sciences.

Force est de constater que la présentation des produits cosmétiques, le packaging, les modes d'application présentent aujourd'hui des variétés inimaginables il y a quelques années. Le type de formulations a suivi de près cette évolution, avec des émulsions doubles et triples, des sprays, mousses et poudres à transformation, des formules sans émulsionnant... Ces

nouvelles formulations sont possibles, grâce à la découverte et à l'utilisation de nouvelles matières premières issues de la chimie d'extraction ou de synthèse – de plus en plus verte - ou encore des biotechnologies – sans OGM ! La science des colloïdes a notamment révolutionné les propriétés des émulsions, permettant en particulier de jouer sur des effets prolongés ou des pénétrations accrues de principes actifs cosmétiques dans la peau...

L'une des plus grandes avancées en cosmétique concerne d'autre part l'ingénierie tissulaire, combinée ensuite avec les technologies « omiques », telles que la génomique, la protéomique et la métabolomique. Grâce à ces technologies, le cosmétologue a pu mimer la peau en trois dimensions, reproduire son âge, ses agressions, ses imperfections, tout en étant capable d'étudier les messages transmis entre matrices et cellules dans les différents compartiments cutanés. Ces modèles miniaturisables ont permis des criblages ultra-spécifiques, rendant accessible la sélection d'ingrédients, en fonction de leur efficacité spécifique.

La fusion entre miniaturisation, automatisation, robotisation, imagerie et sciences de l'information offre désormais l'opportunité de visualiser en temps réel l'effet d'un ingrédient cosmétique - ou d'une action physique ou chimique - sur l'ensemble des gènes du tissu concerné. Les gènes sont alors regroupés en grandes voies métaboliques, qu'il devient possible d'activer ou d'inhiber selon les actions recherchées : protection, synthèse de nouveaux éléments de la matrice extra cellulaire...

Plus que des outils, ces technologies permettent de mieux comprendre le mode de fonctionnement d'ingrédients, y compris des matières traditionnelles, d'avoir un spectre d'action plus global de tous les effets de ces ingrédients, d'ajuster leurs concentrations et les façons de les délivrer au sein de formulations performantes.

La fertilisation croisée issue de la science des matériaux a aussi fait progresser énormément les perceptions d'efficacité et de qualité exprimées par les consommateurs. Par les technologies du « soft focus » lissant la lumière sur la peau pour des applications dans le soin, par la technologie de « seconde peau » aux effets tenseurs spectaculaires dans le soin et le maquillage, ou encore avec l'arrivée de nouveaux polymères permettant des rhéologies spectaculaires, utilisées aujourd'hui dans des formules solaires, le monde de la cosmétique a intégré de nombreuses avancées plébiscitées par les consommateurs : effet physique de lissage des rides et des imperfections immédiatement après application – effet waouh -, formulations fondantes et non grasses, facilité d'application des produits de maquillage, tenue et confort améliorés...

Les technologies issues d'autres industries – technologie de billes de verre des panneaux réfléchissants routiers, pigments alimentaires, particules utilisées dans l'aéronautique – permettent le développement de produits aux propriétés nouvelles spectaculaires comme des gloss et des rouges à lèvres d'une extrême brillance. Les méthodes de mesure de l'efficacité et des effets obtenus par ces produits cosmétiques ont également profondément évolué ; d'une

cotation clinique, l'étude de l'effet d'un produit luttant contre les effets du vieillissement est passée à des prises d'empreintes combinées à des mesures quantitatives, puis à des mesures sans contact par la technologie de la projection de franges.

Aujourd'hui les effets d'un produit cosmétique agissant sur les effets du temps sont appréhendés par une combinaison de techniques quantitatives – dont des méthodes très innovantes utilisant la mesure de l'homogénéité de la pixellisation du teint – qui permettent de travailler sur des « Equations de Jeunesse ». Au-delà, on qualifie les effets obtenus vis-à-vis de l'émotion et de l'estime de soi. Les avancées des recherches dans le domaine des sciences humaines et sociales offrent désormais la possibilité de qualifier et de quantifier la force et la rémanence des émotions liées à l'utilisation d'un produit cosmétique, dans le domaine du soin autant que du maquillage ou du parfum. Les techniques utilisées sont diverses, liées à la force du langage ou utilisent de nouvelles façons de mesurer les effets émotionnels – techniques de l'IRM ou de l'Eye tracking par exemple -.

Et demain ?

La liste des technologies émergentes ou à maturité mais non encore parfaitement utilisées est très longue : technologies 3D, séquençage ultra rapide, virtualisation, réseaux d'objets communicants, nanotechnologie, biologie synthétique, reprogrammation cellulaire, réceptologie... autant de champs d'investigation – et de collaboration – prometteurs pour la recherche cosmétique du futur...